

Helsinki 9.10.2003

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T



Hakija
Applicant

Nokia Corporation
Helsinki

Patentihakemus nro
Patent application no

20022006

Tekemispäivä
Filing date

08.11.2002

Kansainvälinen luokka
International class

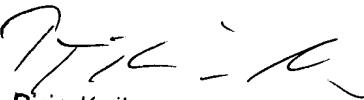
G06F

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Suljetun järjestelmän toimintojen määrittäminen"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittäminen

Keksinnön ala

Keksintö liittyy suljettuihin järjestelmiin, erityisesti suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseen.

5 Keksinnön tausta

Asiakkaiden vaatimukset kasvavat jatkuvasti elektroniikkalaitteiden, kuten matkaviestinten, käytettävyyden ja sovellusten suhteen. Esimerkiksi matkaviestintä ei nykyään enää käytetä pelkästään puhumiseen, vaan sitä käytetään myös moniin muihin tarkoituksiin, kuten kalenterina, pelikoneena, 10 internet-selaimena ja kamerana. Näiden matkaviestinsovellusten määrä on kasvanut voimakkaasti matkaviestinten yleistymisen ja kehityksen myötä, ja yhä uusia ja monimutkaisempia matkaviestinsovelluksia on jatkuvasti kehitteillä.

Elektroniikkalaitteiden sovellusten, kuten matkaviestinsovellusten, 15 määrän kasvaessa elektroniikkalaitteelta vaaditaan entistä parempaa suorituskykyä, minkä seurauksena resurssien kulutus ja siten myös tehonkulutus kasvavat huomattavasti. Elektroniikkalaitteessa voi siten syntyä tilanteita, joissa elektroniikkalaitteelta vaaditaan hetkellisesti paljon suorituskykyä tai toisaalta sovellusten ollessa ei-aktiivisessa tilassa elektroniikkalaite on niin sanotusti 20 tyhjäkäynnillä. Elektroniikkalaitteen suorituskyky ei siten vastaa aina todellista suorituskyvyn tarvetta.

Tunnetun tekniikan mukaisten ohjelmistopohjaisten järjestelmän toimintotietojen, kuten kellopulssien, ja suorituskyvyn määritysmenetelmien on 25 vaikea seurata suljetun järjestelmän, kuten ASIC-piirin, toimintaa ja siten myös suljetun järjestelmän toimintakapasiteetin jakautumista, sillä itse ohjelmiston toiminta aiheuttaa väyläkuormaa suljettuun järjestelmään. Tämän vuoksi elektroniikkalaitteen suorituskykyä määritetään yleisesti suljetun järjestelmän sisältäpäin, mikä ei mahdollista varsinaisten ongelmien aiheuttajien sijaintien selvittämistä. Ongelmina ovat lisäksi määritysmenetelmien hitaus ja se, että 30 toimintotietoja ja suorituskykyä voidaan määrittää vasta suunnittelun myöhäisessä vaiheessa analyttisillä menetelmillä ja tällöinkin määritys on vain arvio todellisista toimintotiedoista ja suorituskyvystä. Määritysen epätarkkuus voi aiheuttaa päätelaitteen toiminnallisia ongelmia. Lisäksi esimerkiksi cache-muistin suorituskykyä ja koko suljetun järjestelmän taajuutta ei ole mahdollista 35 määrittää nykyisillä menetelmillä lainkaan. Ongelmana on lisäksi määritysme-

netelmien monimutkaisuus, mikä osaltaan aiheuttaa lisäkustannuksia ja virheriskin kasvua.

Julkaisun US 5 164 969 tunnetulla ratkaisulla mitataan ja säädetään RISC (Reduced Instruction Set Computer) -järjestelmän suorituskykyä (performance). Mainitun julkaisun määritysmenetelmä perustuu kuitenkin yhtäjaksoisten syklien minimi- ja maksimimäärien laskemiselle yhdelle RISC-järjestelmätapahtumalle. Määritysmenetelmän ongelmana on se, että sillä lasketaan huippuarvoja, eikä jatkuva suorituskertojen määrää.

Keksinnön lyhyt selostus

10 Keksinnön tavoitteena on siten kehittää menetelmä ja menetelmän toteuttava laitteisto siten, että yllä mainittujen ongelmien haittoja voidaan vähentää. Keksinnön tavoite saavutetaan menetelmällä, järjestelmällä, laitteistolla ja ohjelmistoilla, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten 15 patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että ainakin yhteen suljetun järjestelmän, kuten ASIC-piirin, monitoroitavaan komponenttiin, kuten RAM- tai DMA-komponenttiin, on liitetty toiminnallisesti instrumentti, joka on järjestetty keräämään monitoroitavan komponentin toimintotietoja, kuten komponentille tulevia 20 kellopulsseja tai kellopulsseja, jotka kuluvat komponentin jonkin suorituksen aikana. Instrumentti on järjestetty lähetämään edelleen keräämänsä toimintotiedot instrumenttiin toiminnallisessa yhteydessä olevalle datakollektorille, joka käsittää ainakin yhden rekisterin, johon instrumentin lähetämät toimintotiedot tallennetaan.

25 Keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti määritysjärjestelmä käsittää lisäksi ainakin yhden analysointimoduulin, joka on järjestetty vastaanottamaan datakollektorilta lähetettyjä, monitoroitavan komponentin toimintotietoja. Analysointimoduuli on järjestetty määrittämään komponentin suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen toimintotietojen perusteella. Tätä analysoinnin tuloksena saatavaa tietoa kutsutaan tässä yhteydessä analysointitiedoksi.

30 Keksinnön erään toisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti määritysjärjestelmä käsittää lisäksi säätömoduulin, joka on järjestetty vastaanottamaan analysointimoduulin lähetämiä analysointitietoja. Säätömoduuli käsittää 35 yleisesti ohjelmistolla toteutettavan kontrollialgoritmin, jonka avulla säätömo-

duuli säätää suljetun järjestelmän suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta analysointitiedon perusteella.

Keksinnön mukaisella järjestelyllä saavutetaan huomattavia etuja. Eräänä etuna on se, että toimintotietojen määritysmenetelmää on mahdollista soveltaa sekä suunnitteluvaiheessa, jolloin on mahdollista suunnitteluimenpiteitä tarpeiden mukaisesti, että valmiissa lopputuotteessa ajon aikana, jolloin on mahdollista säätää suorituskykyä tarpeen mukaan ja siten pienentää resurssien kulutusta, mikä puolestaan mahdollistaa lopputuotteen, kuten matkaviestimen, käyttöjännitteen pienentämisen. Etuna on lisäksi se, että 10 keksinnön mukaisen määritysjärjestelmän laitteistoimplementointi on minimaalinen, sillä määritysjärjestelmä voidaan toteuttaa ainakin osittain ohjelmistolla. Toimintotien määritysjärjestelmä mahdollistaa suljetun järjestelmän suorituskyvyn optimoinnin nopeasti ja luotettavasti, ja siten suunnittelua voidaan parametrisoida ja olemassa olevien resurssien käytön hyötyisuhdetta voidaan 15 parantaa. Etuna on lisäksi se, että ohjelmistosuunnittelija voi helposti havaita oman sovelluksensa vaikutuksen suljetun järjestelmän suorituskykyn, ja siten havaita mahdollisten ohjelmistosuunnittelulle varattujen resurssien ylittämisen.

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä viitaten oheisiin kuvioihin, joista

kuvio 1 esittää yksinkertaistettua mikrotietokonetta ja sen olennaisimmat komponentit,

kuvio 2 esittää yksinkertaistettua prosessorin rakennetta ja,

kuvio 3 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen 25 määritysjärjestelmän lohkokaavion.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Digitaaliset elektroniikkalaitteet, kuten matkaviestimet, käsittevät yleisesti useita mikrotietokoneita. Mikrotietokoneen tärkeimmät komponentit tyypillisesti ovat prosessori 1, muisti 2, oheislaitteet 3 ja liitäntälogiikka 4 kuvion 30 1 mukaisesti.

Prosessori 1 on mikrotietokoneen toimintaa ohjaava yksikkö, joka suorittaa muistissa 2 olevia ohjelmia 5, käsittelee muistissa 2 olevaa tietoa, ohjaa oheislaitteiden 3 toimintaa esimerkiksi palvelemalla oheislaitteiden 3 palvelupyyntöjä, kuten keskeytyksiä, ja jakaa tarvittaessa mikrotietokoneen re-

sursseja. Prosessorin 1 toiminta perustuu siihen, että prosessori 1 saa bittejä käsittäviä käskyjä.

Muistin 2 tehtävänä on säilyttää prosessorin 1 suoritusta ohjaavia ohjelmia 5 ja pidemmän aikaa säilytettävää tietoa. Muistissa 2 on myös prosessorin 1 omia tietorakenteita, kuten pino ja keskeytysvektori. Muisti 2 voidaan jakaa karkeasti ohjelmamuistiin (Read Only Memory, ROM), johon yleisesti tallennetaan kiinteät ohjelmat, kuten käyttöjärjestelmät, ja käyttömuistiin (Random Access Memory, RAM), johon voidaan kirjoittaa ja josta voidaan lukea.

10 Oheislaitteet 3 liittävät mikrotietokoneen ulkomaailmaan 6, sillä oheislaitteet 3 voivat siirtää tietoa mikrotietokoneesta sekä ulos- että sisäänpäin. Yleisesti prosessori 1 ohjaa oheislaitteiden 3 toimintaa, mutta oheislaitteet 3 pystyvät myös keskustelemaan prosessorin 1 kanssa. Esimerkiksi prosessori 1 tarkistaa tietyin väliajoin, tarvitsevatko oheislaitteet 3 palvelua (pollaus) tai oheislaitteet 3 pyytävät prosessorilta 1 apua tarvittaessa (keskeytys).

20 Liitänälogiikan 4 tehtävänä on liittää prosessori 1, muisti 2 ja oheislaitteet 3 toisiinsa tyypillisesti väylälogiikkalla. Lisäksi väylälogiikka voi liittää oheislaitteita 3 ulkomaailmaan 6. Väylät koostuvat johtimista, ja ne voidaan yleisesti jakaa ohjausväylään, joka välittää ohjaukset prosessoriin 1 kytketyille komponenteille, osoiteväylään, joka kertoo muistiosoitteen, johon esimerkiksi tieto halutaan tallentaa, ja dataväylään, jossa itse tieto kulkee.

25 Kuvioissa 1 ja 2 käytetään samaa viitenumeroointia. Kuviossa 2 esitetään prosessorin 1 rakennetta yksityiskohtaisemmin. Ennen tiedon käsittelyä prosessori 1 yleisesti siirtää tiedon prosessorin 1 ulkopuolisesta muistista 2 prosessorin 1 sisällä oleviin muistipaikkoihin eli rekistereihin. Myös tiedon prosessoinnin yhteydessä syntyiä välituloksia pidetään rekistereissä, sillä se nopeuttaa prosessorin toimintaa. Prosessorien 1 tyypillisiä rekistereitä ovat muun muassa akku 7 ja osoiterekisteri 8. Kun prosessorin 1 pitää lukea tietoa jostaakin yksiköstä, osoiterekisteriin 8 asetetaan tulkin 9 osoite, joka siirretään osoiteväylälle 10. Tulkki 9 antaa kolmetilapuskurille 11 ohjaussignaalin 12, jonka seurausena ottosignaalit 13 pääsevät dataväylälle 14. Seuraavan kellopulssin aikana ottosignaalit 13 tallentuvat akkuun 7. Prosessorissa 1 on yleisesti myös ohjelmalaskuri 15, jonka tehtävänä on osoittaa seuraavaksi suoritettavan käs-35 kyn osoite muistissa 2, ja käskyrekisteri 16, jonka tehtävänä on tallentaa muis-

tista 2 haettu käsky siten, että ohjausyksikkö 17 ehtii tulkita ja suorittaa ohjaus-signaaleista 18 koostuvan tapahtumasarjan.

Ohjaus- ja säätötehtävien lisäksi mikrotietokoneiden toinen tärkeä sovellusalue on matemaattiset laskentatehtävät, joiden suorittamista varten prosessorissa 1 on aritmeettis-looginen yksikkö (Arithmetic Logic Unit, ALU) 19. Prosessori käsittää yleisesti myös lippuja, jotka ovat eri toimintojen seura- uksena loogiseksi ykköseksi tai nollaksi asetettuja kiikuja. Päätöksenteko mikrotietokoneessa riippuu eri lippujen asennoista. Esimerkiksi Z-lippu 20 asete- taan ykköseksi, kun akun sisältö on nolla. Kun sisältö poikkeaa nollasta, nolla- taan Z-lippu 20.

ASIC-piiri (Application Specific Integrated Circuit) on logiikkapiiri, jossa transistorien muodostamia logiikkaportteja voi yleisesti olla jopa useita miljoonia. ASIC-piiriin syötetään tyypillisesti kellosignaali, jonka tahdissa piirillä olevat logiikat toimivat. ASIC-piireihin voidaan suunnitella itsenäisiä loogisia kokonaisuuksia. Siten tällaisella piirillä voidaan saavuttaa erinomaisia sovel- luskohtaisia ominaisuuksia. Lisäksi ASIC-piirit ovat nopeita logiikkaporttien ly- hyiden viiveiden takia. ASIC-piirin suunnittelu on aikaavievää ja suhteellisen kalliista, mutta suunnittelussa yleisesti käytetty VHDL-kieli (Very high speed integrated circuit Hardware Description Language) mahdollistaa koodin hyväk- sikäytön myöhemmissä tuotteissa. ASIC-piireihin on nykyään saatavilla valmii- ta piiriin integroitavia lohkoja eli IP-lohkoja (Intellectual Property blocks), kuten ohjelmistokirjastoja, DSP-ytimiä (Digital Signal Processing cores), prosessoreita, muistipiirejä ja laskureita.

ASIC- ja FPGA (Field Programmable Gate Array) -piirit ovat eräitä esimerkkejä suljetuista järjestelmistä. Suljetulla järjestelmällä tarkoitetaan tä- män keksinnön yhteydessä tiedonkäsittelyjärjestelmää, joka valmistusproses- sin jälkeen käsittää olennaisesti tarvittavat osat, mutta johon vielä valmistuksen jälkeenkin voidaan lisätä osia siten, että osien lisäämisen jälkeen muodostuu uusi suljettu järjestelmä.

Elektroniikkalaitteissa ohjelmiston toiminta vaatii suorituskykyä elektroniikkalaitteen suljetulta järjestelmältä. Toisinaan suorituskykyä vaadi- taan hetkellisesti paljon, kun taas välillä elektroniikkalaite on tyhjäkäynnillä. Suorituskykyvaatimukset vaihtelevat siten huomattavasti ja elektroniikkalait- teen suorituskyky ei siten vastaa aina todellista suorituskyvyn tarvetta. Tunne- tun tekniikan mukaiset toimintotietojen ja suorituskyvyn määritysmenetelmät ovat epätarkkoja, monimutkaisia ja hitaita, ja niiden käyttö yleisesti rajoittuu

vain tiettyjen suljetun järjestelmän komponenttien seuraamiseen ja tiettyyn suunnitteluvaiheeseen.

Nyt esillä olevan keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti muodostetaan ohjelmistolle rajapinta suljettuun järjestelmään. Rajapinnan 5 kautta saadaan tietoa ASIC-piirin toiminnasta ja toimintakapasiteetin jakautumisesta ohjelmistotoiminnon aikana. Menettelyn avulla on mahdollista selvittää kuinka ohjelmisto kuormittaa ASIC-piiriä ja siten optimoida esimerkiksi ohjelmiston aiheuttamaa resurssien kulutusta. Tämän seurauksena ASIC-piirin 10 käyttäytymisen ymmärtäminen ja havainnollistaminen on helpompaa ja siten ASIC-piirin suunnittelussa tehtyjen muutosten vaikutuksia suljetun järjestelmän suorituskykyyn voidaan analysoida aiempaa luotettavammin ja jo varhaisemmassa vaiheessa.

Viitaten kuviossa 3 esitetyyn yksinkertaistettuun lohkokaavioon selostetaan seuraavassa keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista 15 määritysjärjestelmää, jossa elektroniikkalaitteen, kuten matkaviestimen, suljettu järjestelmä, tässä tapauksessa ASIC-piiri 31, käsittää prosessorin (Micro Controller Unit, MCU) 32, RAM-muistin 33, multimediamuistikortti (Multi Media Card, MMC) 34, muistin suorasaantikomponentti (Direct Memory Access, DMA) 35 ja liitintälogiikan 36 lisäksi monitoroitaviin komponentteihin 32, 33, 34 ja 35 20 toiminnallisesti liitettyjä instrumentteja (Instrument, I) 37 ja instrumentteihin toiminnallisesti liitetyn datakollektoriin (DataCollector, DC) 38.

Määritysjärjestelmässä instrumentit 37 on järjestetty keräämään 25 monitoroitavien komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotietoja, kuten komponentteille tulevia kellopulsseja ja kellopulsseja, jotka kuluvat komponentin jonkin suorituksen, kuten luku- tai kirjoitusoperaation sekä odotustilojen aikana. Instrumentit 37 on järjestetty lähetämään edelleen nämä toimintotiedot toimintoja vastaavien mittauksignaaleiden 39 välityksellä instrumentteihin toiminnallisessa yhteydessä olevalle, ainakin yhden rekisterin (Register, R) 40 käsittävälle datakollektoriille 38 esimerkiksi reaalialikaisesti tai siten, että instrumentti 37 30 tallentaa toimintotiedot ja datakollektori 38 käy hakemassa toimintotiedot tietyin väliajoin. Komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotiedot tallennetaan datakollektoriin 38 käsittämiin rekistereihin 40. Datakollektori 38 lähetää toimintotiedot edelleen määritysjärjestelmän käsittämälle analysointimoduulille (Analyzing Module, AM) 41, joka on järjestetty määrittämään suljetun järjestelmän suorituskyvyn toimintotietojen perusteella. Suljetun järjestelmän suorituskyvyn määritys tehdään vertaamalla esimerkiksi komponenttiin sisääntulevien kellopulssien 35

en määräää niihin kellopulsseihin, joiden aikana komponentti suorittaa joitain toimintoa. Tätä tietoa voidaan sitten verrata muihin komponentteihin ja saada selville esimerkiksi se, että odottaako joku komponentti jonkin toisen komponentin toimintaa liian pitkään. Analysointimoduulin 41 suorittaman suorituskyvyn määrityn tuloksesta saadaan niin sanottua analysointitietoa, josta voidaan määrittää ASIC-piirin 31 ominaisuuksia, kuten sisäisiä toimintoja, viiveitä eli latensseja ja sovituskonflikteja. Analysointitietojen perusteella ASIC-piirin 31 suorituskykyä voidaan seurata tarkasti.

Koska analysointimoduulilla 41 on väylärajapinta prosessoreille, analysointitieto on prosessorien saatavilla milloin tahansa. Mittaussignaalien 39 ja analysointimoduulien 41 lukumääät on yleisesti mahdollista valita implementoinnin aikana. Analysointimoduulin 41 toiminta voidaan edullisesti ohjelmoida ajon aikana.

Analysointimoduuli 41 on edelleen järjestetty lähetämään analysointitietoja kontrollialgoritmin käsittävälle säätömoduulille (Controlling Module, CM) 42. Säätömoduuli 42 on järjestetty optimoimaan ASIC-piirin 31 suorituskykyä kontrolloimalla analysointitietojen perusteella esimerkiksi ASIC-piirin 31 komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintakapasiteetin jakautumiseen vaikuttavia parametreja. Myös säätömoduulin 42 toiminta voidaan edullisesti ohjelmoida ajon aikana.

Analysointitietoa voidaan käyttää myös esimerkiksi ohjelman uudelleenohjelointiin. Suorituskykyä voidaan optimoida esimerkiksi ajamalla prosessoria alemalla kellotaajuudella.

Elektroniikkalaitteiden sovellusten (Application, A) 44 toiminta perustuu elektroniikkalaitteen käyttöjärjestelmän (Operating System, OS) 43 toiminnalle. Käyttöjärjestelmä on edullisesti toiminnallisessa yhteydessä säätömoduuliin 42, minkä seurauksena sovellusten 44 toiminnan aiheuttamaa resurssien kulutusta voidaan määrittää ja säätää keksinnön mukaisesti.

Instrumentit 37 on mahdollista toteuttaa myös pelkkinä johtimina monitoroitavien komponenttien 32, 33, 34 ja 35 ja datakollektoriin 38 välillä. Lisäksi instrumenttien 37 ei välttämättä tarvitse olla liitetty suoraan monitoroitavaan komponenttiin 32, 33, 34 tai 35, vaan instrumentti 37 voi sijaita missä tahansa ollen kuitenkin toiminnallisessa yhteydessä monitoroitavaan komponenttiin 32, 33, 34 tai 35. Myös datakollektori 38 on mahdollista implementoida suljetun järjestelmän 31 sisä- tai ulkopuolelle ollen kuitenkin toiminnallisessa yhteydessä instrumentteihin. Lisäksi yksi datakollektori 38 voi kerätä usean eri

suljetun järjestelmän komponenttien toimintotietoja. Erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti järjestelmällä määritetään suljetun järjestelmän toimintotietoja järjestelmän tehonkulutuksen määrittämiseksi ja säätämiseksi. Analysointimoduulissa määritetään monitoroitavien komponenttien toimintotietojen, kuten kellopulssien, avulla esimerkiksi komponenttien toimintataajuuksia, joista voidaan edelleen määrittää suljetun järjestelmän tehonkulutus. Analysointitiedon perusteella voidaan säätää järjestelmän tehonkulutusta.

Edellä kuvatun suljetun järjestelmän toimintotietojen määritysjärjestelmän avulla voidaan toteuttaa määritysmenetelmä suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseksi. Määritysmenetelmän erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti kerätään suljetun järjestelmän monitoroitavista komponenteista 32, 33, 34 ja 35 toimintotietoja komponentteihin toiminnallisesti liittävien instrumenttien 37 avulla. Instrumentit 37 lähettävät toimintotiedot edelleen datakollektoriille 38, jossa ne tallennetaan ainakin yhteen rekisteriin 40. Monitoroitavien komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotiedot lähetetään analysointimoduulille 41, jossa määritetään suljetun järjestelmän 31 suorituskyky vastaanotettujen komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotietojen perusteella.

Erään toisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti analysointimoduuliin 41 voidaan toiminnallisesti liittää säätömoduuli 42, jolloin suljetun järjestelmän 31 suorituskykyä voidaan säätää analysointimoduulilta 41 vastaanotetun analysointitiedon perusteella.

Keksinnön mukaiset määritysjärjestelmä ja -menetelmä tarjoavat luotettavan, nopean ja helposti toteutettavan keinon suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseksi ja suorituskyvyn säätämiseksi. Määritysjärjestelmän avulla on mahdollista parantaa suorituskyvyn hyötysuhdetta ja siten pienentää energiankulutusta sekä elektroniikkalaitteen käyttöjännitettä. Koska määritysjärjestelmää voidaan käyttää jo suunnitteluvaiheessa, voidaan suunnittelunaikaisia toimenpiteitä suunnata tarpeen mukaan ja siten parantaa elektroniikkalaitteen luotettavuutta ja saavuttaa kustannussäästöjä. Lisäksi määritysjärjestelmää ja -menetelmää voidaan käyttää valmiissa lopputuotteissa ajon aikana.

Keksinnön mukaisten määritysjärjestelmien ja -menetelmien laitteistoimplementointi on minimaalinen ja yksinkertainen, sillä yleisesti kaikki korkean tason määritys- ja säätötoiminnallisuudet voidaan toteuttaa ohjelmistolla.

Keksinnön mukaisella toimintotietojen määritysjärjestelmällä on kaksi erilaista käyttötarkoitusta. Tutkimuksen ja tuotekehityksen aikaisessa järjestelmääanalyysissä eli niin sanotussa verifioinnissa määritysjärjestelmää on mahdollista käyttää suljetun järjestelmän, kuten ASIC-piirin, ohjelmistotoiminnan aikaisten toimintotietojen määrittämiseen. Määritysjärjestelmä mahdollistaa ohjelmistotoiminnosta aiheutuvien suljetun järjestelmän tuottamien viividen eli latenssien, mahdollisten kuumien kohtien (hot spots) ja pullonkaulojen määrittämisen. Ongelmakohtien varhainen löytyminen helpottaa suunnittelua ja parantaa lopputuotteen luotettavuutta. Toinen käyttötarkoitus on valmiin 10 elektroniikkalaitteen ajonaikainen suorituskyvyn määritys analysointimoduulin 41 avulla ja tarpeen mukaan suorituskyvyn säätö säätömoduulin 42 käsittämän kontrollialgoritmin avulla.

Uuden määritysjärjestelmän implementointi suljettuun järjestelmään ja integrointi osaksi ohjelmistoanalyysityökaluja tarjoaa ohjelmistosuunnittelijalle mahdollisuuden havaita nopeasti ja vaivattomasti hänen sovelluksensa vaikutuksen suljetun järjestelmän toimintaan. Suunnittelija voi antaa analyysille parametreja ohjelmiston aiheuttamaa prosessorikuormaa ja suorituskykyä määritettääessä. Toisin sanoen, ohjelmistosuunnittelija voi selvittää helposti rikkoo ohjelmistomoduuli ohjelmistosuunnittelulle asetettuja rajoituksia.

Edellä on kuvattu määritysjärjestelmä ja -menetelmä suljetun järjestelmän toimintotietojen ja suorituskyvyn määrittämiseksi. Määritys- ja säätötoiminnallisuudet voidaan edullisesti aikaansaada elektroniikkalaitteeseen sovitettavissa olevalla ohjelmistotuotteella, joka voi käsittää ohjelmistokoodin monitoroitavien komponenttien toimintotilojen suorituskertojen vastaanottamiseksi ja suljetun järjestelmän suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen määrittämiseksi vastaanotettujen, monitoroitavien komponenttien toimintotietojen perusteella, ja ohjelmistokoodin suljetun järjestelmän suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen säättämiseksi analysointimoduulilta (41) vastaanotetun analysointitiedon perusteella, ohjelmistokoodin analysointimoduulin (41) toiminnon ohjelmoimiseksi 30 ajon aikana ja/tai ohjelmistokoodin säätömoduulin (42) toiminnon ohjaamiseksi ajon aikana.

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin, vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Määritysjärjestelmä suljetun järjestelmän (31) toimintotietojen määrittämiseksi, joka suljettu järjestelmä (31) käsittää ainakin jonkin seuraavista monitoroitavaksi järjestetyistä komponenteista:

5 - prosessori (32)
 - muisti (33)
 - oheislaitte (34, 35)
 - liitäntälogiikka (36),

tunneta siitä, että määritysjärjestelmä (31) käsittää:

10 ainakin yhden suljetun järjestelmän (31) monitoroitavaan komponenttiin (32, 33, 34, 35, 36) toiminnallisesti liitettävän instrumentin (37), joka on järjestetty keräämään toimintotietoja ainakin yhdestä mainitusta komponentista (32, 33, 34, 35, 36), ja

15 ainakin yhden rekisterin (40) käsittävän datakollektorin (38), joka on järjestetty vastaanottamaan mainitun instrumentin (37) keräämiä toimintotietoja, joka rekisteri (40) on järjestetty tallentamaan mainittuja toimintotietoja.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen määritysjärjestelmä, tunnettu siitä, että

20 määritysjärjestelmä käsittää lisäksi ainakin yhden analysointimoduulin (41), joka on järjestetty vastaanottamaan datakollektorilta (38) mainitun ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja ja määrittämään suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella.

25 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen määritysjärjestelmä, tunnettu siitä, että

30 määritysjärjestelmä käsittää lisäksi ainakin yhden kontrollialgoritmin käsittävän, analysointimoduuliin (41) toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin (42), joka on järjestetty säätämään mainitun suljetun järjestelmän (31) suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta vasteena analysointimoduulilta (41) vastaanotetulle analysointitiedolle.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen määritysjärjestelmä, tunnettu siitä, että

35 ainakin yksi seuraavista komponenteista on järjestetty liitettäväksi osaksi suljettua järjestelmää:

- instrumentti (37)

- datakollektori (38)
- analysointimoduuli (41)
- säätömoduuli (42)

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 4 mukainen määritysjärjestelmä,

5 tunnettua siitä, että

mainittu instrumentti (37) on johdin monitoroitavan komponentin (32, 33, 34, 35, 36) ja datakollektorin (38) välillä.

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 5 mukainen määritysjärjestelmä,

tunnettua siitä, että

10 mainittu instrumentti (37) on järjestetty tallentamaan mainittuja toimintotietoja.

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 6 mukainen määritysjärjestelmä,

tunnettua siitä, että

15 mainittu datakollektori (38) on järjestetty vastaanottamaan yhden tai useamman suljetun järjestelmän (31) käsittämien monitoroitavien komponenttien toimintotietoja.

8. Jonkin patenttivaatimuksen 2 - 7 mukainen määritysjärjestelmä,

tunnettua siitä, että

20 analysointimoduulin (41) ja/tai kontrollimoduulin toiminta on ohjelmoitavissa ajon aikana.

9. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 8 mukainen määritysjärjestelmä,

tunnettua siitä, että suljettu järjestelmä (31) on jokin seuraavista

- ASIC (Application Specific Integrated Circuit) – piiri
- FPGA (Field Programmable Gate Array) – piiri

25 10. Määritysmenetelmä suljetun järjestelmän (31) toimintotietojen määrittämiseksi, joka suljettu järjestelmä (31) käsittää ainakin jonkin seuraavista monitoroitavaksi järjestetyistä komponenteista:

- prosessori (32)
- muisti (33)
- oheislaitte (34, 35)
- liitääntälogiikka (36),

tunnettua siitä, että

kerätään suljetun järjestelmän (31) ainakin yhdestä monitoroitavasta komponentista (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja komponenttiin toiminnallisesti 35 liitetyn instrumentin (37) avulla,

lähetetään ainakin osa mainitusta toimintotiedoista datakollektoriille (38), ja

tallennetaan ainakin osa mainitusta toimintotiedoista datakollektorin (38) käsittämään ainakin yhteen rekisteriin (40).

5 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen määritysmenetelmä, tunnettua siitä, että

määritetään datakollektoriin (38) toiminnallisesti liitetyssä analysointimoduulissa (41) suljetun järjestelmän (31) suorituskyky ja/tai tehonkulutus vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella.

10 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen määritysmenetelmä, tunnettua siitä, että

mainittuun analysointimoduuliin (41) on toiminnallisesti liitetty säätömoduuli (42), jolloin säädetään mainitun suljetun järjestelmän (31) suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta vasteena analysointimoduulilta (41) vastaanotetulle analysointitiedolle.

15 13. Jonkin patenttivaatimuksen 10 – 12 mukainen määritysmenetelmä, tunnettua siitä, että

tallennetaan mainittuun instrumenttiin (37) mainittuja toimintotietoja.

20 14. Jonkin patenttivaatimuksen 10 - 13 mukainen määritysmenetelmä, tunnettua siitä, että

vastaanotetaan yhdellä datakollektorilla 38 yhden tai useamman suljetun järjestelmän (31) käsittämiens komponenttien (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja.

25 15. Jonkin patenttivaatimuksen 11 – 14 mukainen määritysmenetelmä, tunnettua siitä, että

ohjelmoidaan analysointimoduulin (41) ja/tai säätömoduulin (42) toiminta ajon aikana.

30 16. Elektroniikkalaite, joka käsittää suljetun järjestelmän (31), joka suljettu järjestelmä (31) käsittää ainakin jonkin seuraavista monitoroitavaksi järjestetyistä komponenteista:

- prosessori (32)

- muisti (33)

- oheislaitte (34, 35)

- liitääntälogiikk (36),

35 tunnettua siitä, että elektroniikkalaite (31) käsittää lisäksi:

ainakin yhden suljetun järjestelmän (31) monitoroitavaan komponenttiin (32, 33, 34, 35, 36) toiminnallisesti liitettävän instrumentin (37), joka on järjestetty keräämään toimintotiedoja mainitusta komponentista (32, 33, 34, 35, 36), ja

5 ainakin yhden rekisterin (40) käsittevän datakollektorin (38), joka on järjestetty vastaanottamaan mainitun instrumentin (37) keräämiä toimintotiedoja, joka rekisteri (40) on järjestetty tallentamaan mainittuja toimintotiedoja.

17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että

10 elektroniikkalaite käsittää lisäksi ainakin yhden analysointimoduulin (41), joka on järjestetty vastaanottamaan datakollektorilta (38) mainitun ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotiedoja ja määritämään suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotien perusteella.

15 18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että

20 elektroniikkalaite käsittää lisäksi ainakin yhden kontrollialgoritmin käsittävän, analysointimoduuliin (41) toiminnallisessa yhteydessä olevan sää-tömoduulin (42), joka on järjestetty säättämään mainitun suljetun järjestelmän (31) suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta vasteena analysointimoduulilta (42) vastaanotetulle analysointitiedolle.

19. Jonkin patenttivaatimuksen 16 - 18 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että

elektroniikkalaite on jokin seuraavista:

25 - matkaviestin
- tietokone
- televisio

20. Elektroniikkalaitteeseen sovitettavissa oleva ohjelmistotuote, tunnettu siitä, että

30 ohjelmistotuote käsittää:

ohjelmistokoodin elektroniikkalaitteen käsittämän suljetun järjestelmän (31) ainakin yhden monitoroitavan komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotien keräämiseksi ja

35 ohjelmistokoodin mainittujen toimintotien vastaanottamiseksi ja tallentamiseksi.

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen ohjelmistotuote, tunnettu siitä, että

ohjelmistotuote käsittää ainakin jonkin seuraavista:

- ohjelmistokoodin suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen määrittämiseksi vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella
 - ohjelmistokoodin suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen säätämiseksi vasteena elektroniikkalaitteen käsittämältä analysointimoduulilta (41) vastaanotetulle analysointitiedolle
- 10 - ohjelmistokoodin analysointimoduulin (41) toiminnon ohjelmoimiseksi ajon aikana
 - ohjelmistokoodin analysointimoduuliin (41) toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin (42) toiminnon ohjelmoimiseksi ajon aikana

(57) Tiiivistelmä

Järjestely suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseksi. Määritysjärjestelmä käsittää suljetun järjestelmän monitoroitavaan komponenttiin toiminnallisesti liittettävän instrumentin sekä rekisterin käsittävän datakollektorin. Instrumentilla kerätään komponentin toimintotietoja, jotka lähetetään edelleen datakollektoriille. Toimintotiedot tallennetaan rekisteriin. Määritysjärjestelmä voi käsittää lisäksi analysointimoduulin, joka määrittää suljetun järjestelmän suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen vastaanotettujen toimintotietojen perusteella. Määritysjärjestelmä voi käsittää lisäksi kontrollialgoritmin käsittävän, analysointimoduuliin toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin, jolla säädetään suljetun järjestelmän suorituskykyä tai tehonkulusta analysointitiedon perusteella.

(Kuvio 3)

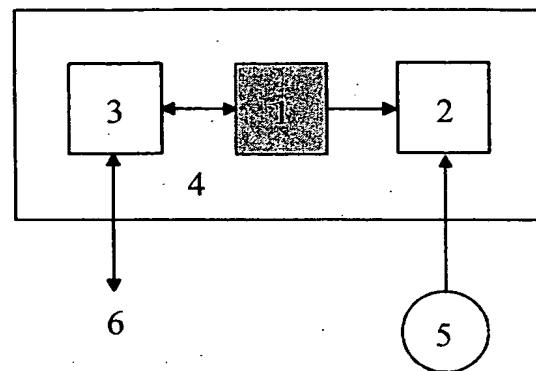


Figure 1.

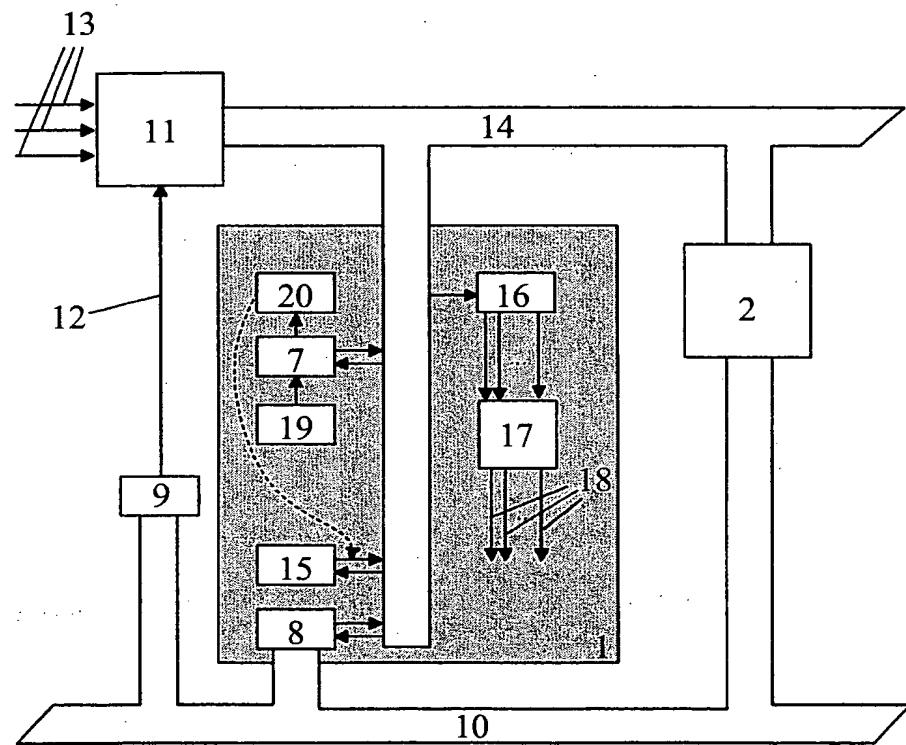


Figure 2.

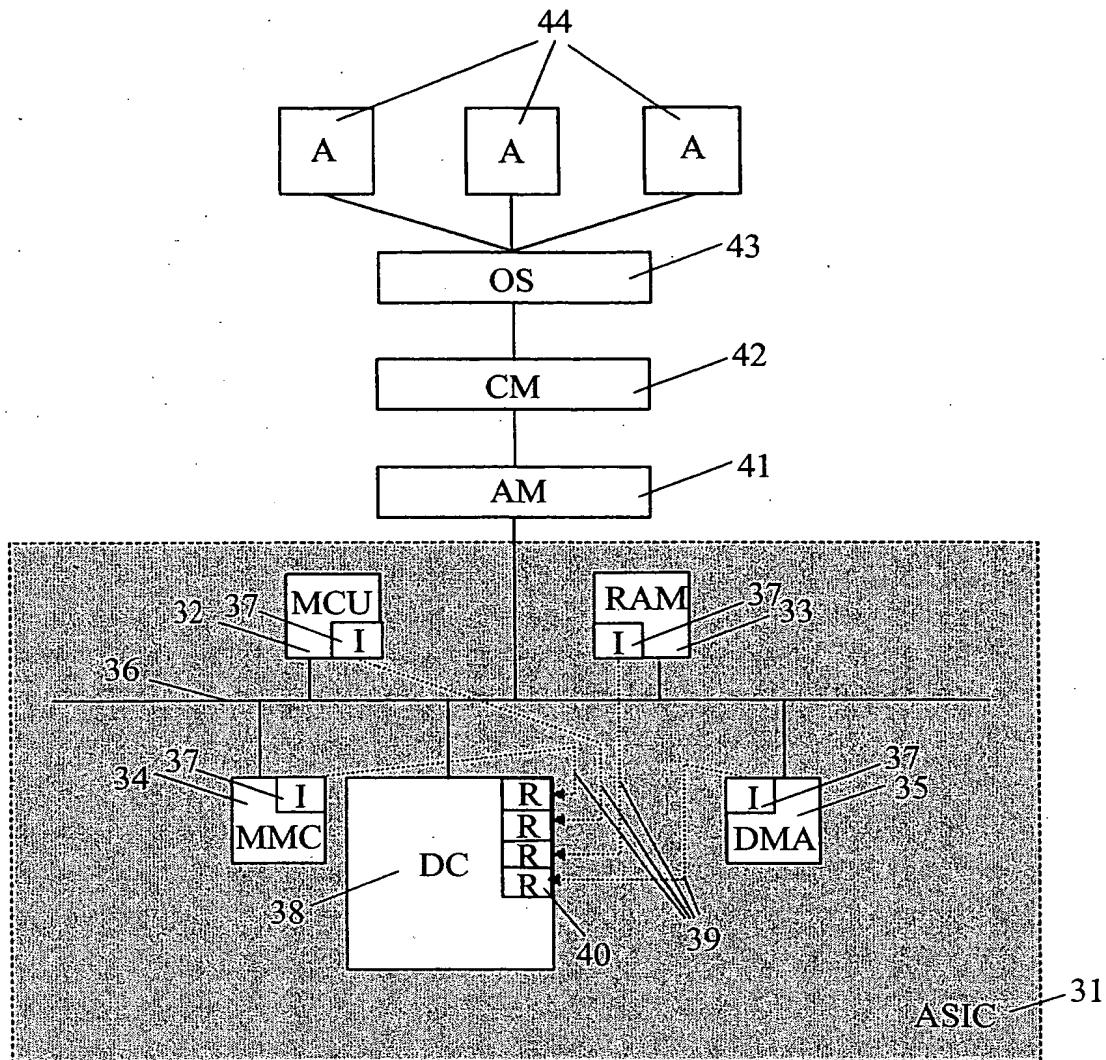


Figure 3.